

# ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA MEDIANTE GRÁFICOS DE CONTROL INTEGRADO

Cachutt, Crisdalith    Illada, Ruth  
Barreto, Joaquín    Pinto, Francys

**Resumen:** Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de los procesos de fabricación en una empresa manufacturera, a través de una nueva herramienta denominada Gráfico de Control Integrado, diseñada específicamente para tal fin. Dicho Gráfico es producto de la fusión de dos herramientas de la Ingeniería Industrial, el gráfico de lecturas individuales (Propia del Control Estadístico de Procesos) y el Tiempo Estándar (TE) de la Ingeniería de Métodos. Para realizar este estudio la metodología se dividió en tres fases: en la primera, se disminuye todo lo que no agregaba valor, utilizando como herramienta la Eliminación Sistemática del Desperdicio (ESIDE); en la segunda, se determinaron los TE, basados en las diferentes clases o familias de producto. Por último, se registraron y representaron los tiempos reales en un gráfico de lecturas individuales, junto con el TE correspondiente. Se detectó con ello la calidad del proceso, generando una herramienta útil para la mejora continua, ya que detecta rápidamente las causas asignables de variación (desgaste de herramientas, calidad de las materias primas, paradas no planificadas, contaminación de tanques de llenado) traduciéndose en acciones correctivas oportunas que generan un incremento de la productividad del sistema.

**Palabras Clave:** Mejora Continua/ Control de Procesos/ Gráficos de lecturas individuales/ Tiempo Estándar.

## PRODUCTION PROCESS ANALYSIS OF A MANUFACTURING INDUSTRY BY AN INTEGRATED CONTROL GRAPH

**Abstract:** This paper analyses the manufacturing process of an industry by a new tool called Integrated Control Graph, specifically designed for such a purpose. This Graph results from the fusion of two Industrial Engineering tools: Graphs of individual readings (characteristic of Statistical Process Control) and Standard Time (ST) of Methods Engineering. The methodology was divided into three stages: First, everything that does not add value was diminished by the Systematic Waste Elimination (SWE) tool. Second, STs were determined based on the different product classes or families. Finally, real times were registered and represented in a graph of individual readings, with the corresponding ST; thus, measuring the quality of the process and creating a useful tool for continuous improvement since it quickly detects assignable causes of variation (tool wear, raw material quality, unplanned stops, storage tank contamination) which can be translated into fast corrective measures that generate an increase in the system productivity.

**Keywords:** Continuous Improvement/ Process Control/ Graphs of Individual Readings/ Standard Time.

### I. INTRODUCCIÓN

Las empresas de pinturas en Venezuela se han visto obligadas a producir lo suficiente para cubrir la demanda actual que se encuentra en crecimiento debido principalmente al auge del sector de la construcción. Es por esta razón, que mejorar el desempeño de los procesos se ha convertido en una necesidad, para lograr ventajas

competitivas que permitan mejorar la posición de la empresa en el mercado.

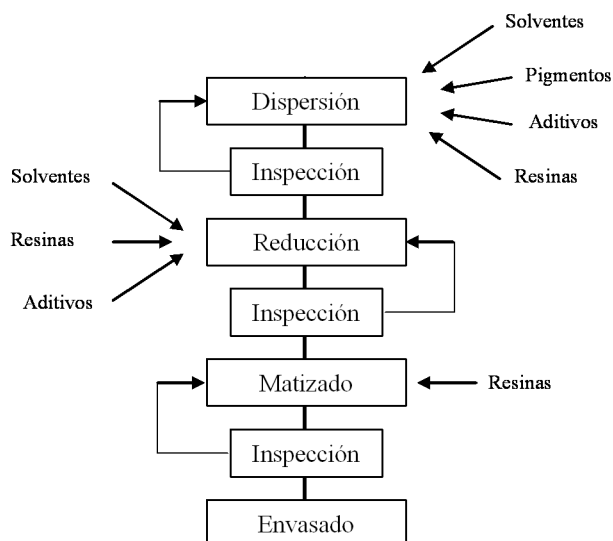
La fabricación de pinturas es un importante campo de innovación, ya que la utilización de ciertas técnicas de ingeniería, como el Tiempo Estándar y los controles estadísticos, no son fácilmente aplicables, debido a la cantidad de variables que intervienen en su obtención.

Manuscrito finalizado en Valencia, Venezuela el 2008/03/05, recibido el 2008/03/31, en su forma final (aceptado) el 2008/06/10, el Ing. Crisdalith Cachutt Alvarado es Docente a Tiempo Completo en el Dpto. de Gerencia de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, telefax 0241-8672843, celular 0412-7421414, correos electrónicos crisdalith2710@hotmail.com y ccachutt@edu.ve. La Dra. Ruth Asunción Illada García es Profesora Titular a Dedicación Exclusiva en el Dpto. de Ingeniería de Métodos de la misma Facultad y Escuela, telefax 0241-8672843 y 0241-6173261, celular 0424-4183152, correo electrónico rylladac@edu.ve. y rillada@gmail.com. El Ing. Joaquín Rubén Barreto Alvarado es Docente a Tiempo Convencional en el Dpto. de Gerencia de las misma Facultad y Escuela, telefax 0241-8672843, celular 0414-3595920, correo electrónico mapdlr@hotmail.com. La Ing. Francys Elena Pinto Rodríguez es Consultor SAP, N.C.G. Network Consulting Group, S.A., telefax 0212-731-0133, celular 0414-4057641, correo electrónico franpinto2002@gmail.com.

Según Montgomery [1], el Control Estadístico de Procesos o SPC (por sus siglas en inglés), es una de las áreas principales de la tecnología estadística, junto con el diseño de experimentos. El SPC es un conjunto poderoso de herramientas para resolver problemas, muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del proceso mediante la reducción de la variabilidad. Una de las herramientas en las cuales se basa el SPC son las cartas o gráficos de control, técnica de monitoreo en línea que se usa ampliamente para promover la mejora continua. Uno de los objetivos principales del SPC es detectar con rapidez la ocurrencia de causas asignables de variación con el fin de hacer la investigación pertinente y emprender las acciones correctivas antes de que se incurran en costos elevados de fabricación.

Específicamente, para el caso en estudio, el control estadístico de procesos es utilizado como herramienta para monitorear el comportamiento de ciertas características de calidad, tales como: temperatura de la pasta, viscosidad, color del lote, entre otros; sin embargo éstas ofrecen controles sobre especificaciones de calidad, las cuales una vez ajustadas permanecen constantes. La Gerencia de Operaciones de la fábrica de pinturas analizada, ha intentado a través de los años, establecer un control para el área de fabricación, que permita tener una visión global y plantear la mejora continua de los procesos de forma sistémica, garantizando que los esfuerzos se destinarían a los problemas de mayor impacto. Por esta razón, se diseñó una nueva forma de control integrada, herramienta para la mejora continua.

El Gráfico de Control Integrado tiene sus fundamentos en el SPC y en la Ingeniería de Métodos. Su asociación permite utilizar el Tiempo Estándar como variable para controlar integralmente los procesos de fabricación. En la elaboración de pinturas, esto significa controlar cuatro etapas: dispersión, reducción, matizado y envasado, utilizándose equipos como molinos, máquinas envasadoras, tanques portátiles, dispersores, reductores, entre otros. En la dispersión se busca la desaglomeración de las partículas de pigmentos. Una vez estabilizado, el producto pasa a reducción, también conocida como etapa de completación, en donde se van agregando, según un orden establecido, el resto de los componentes de la fórmula, ajustando las propiedades del producto a las especificaciones exigidas y alcanzando el volumen de pintura requerido. Luego se ajusta el color al tono estándar, mediante la adición de bases monopigmentadas; a esto se le conoce como matizado [2]. Después, los productos son envasados en los recipientes correspondientes, y transportados al Almacén de Producto Terminado, desde donde son despachados a los clientes. En la Figura 1, se muestra el diagrama de bloque del proceso de pinturas.



**Figura. 1. Diagrama de Bloque del Proceso de Fabricación de Pinturas**

## II. DESARROLLO

### 1. Metodología

La investigación se seccionó en tres etapas:

- Estandarización de los procesos de fabricación de pinturas emulsionadas, a través de la implantación de un conjunto de mejoras, como el diseño de dispositivos, eliminación de actividades innecesarias, redistribución de actividades, definición de métodos y procedimientos. En general se alcanza una disminución de los desperdicios más significativos. Para esto, se utiliza la metodología Eliminación Sistémica del Desperdicio (ESIDE), desarrollada por Ortiz e Illada [3], [4]; esta herramienta permite ver el objeto de estudio (proceso) como un sistema, integrado por elementos que agregan valor y por aquellos que no agregan valor, mejor conocidos como desperdicios. ESIDE ha sido aplicada exitosamente en diferentes trabajos e investigaciones [5], [6], [7], entre otros.
- Determinación de los TE de los productos, para esto fue necesario generar familias de productos por cada etapa del proceso, considerando las diferentes variables (tamaño de lote, intensidad de color, presentación final del producto), apoyándose en un diagrama de árbol.
- Construcción del Gráfico de Control Integrado, a través del registro y representación de los tiempos reales en un gráfico de lecturas individuales [8] junto con el TE correspondiente.

## 2. Fundamentos del Gráfico de Control Integrado

El Gráfico de Control Integrado es la fusión de dos herramientas de la Ingeniería Industrial, como son: el gráfico de lecturas individuales (Propia del Control Estadístico de Procesos) y el Tiempo Estándar de Fabricación; una perteneciente a la tecnología estadística y la otra a la Ingeniería de Métodos. Se integran en una herramienta que permite controlar y analizar un proceso que por su complejidad, no existe evidencia que haya sido medido u observado en forma sistémica.

Para comprender la utilidad del Gráfico de Control Integrado, hay que analizar los dos elementos de los cuales se origina. Según Niebel [9], el Tiempo Estándar es el requerido por un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a ritmo normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar la operación. Burgos [10], afirma que el TE es una función del tiempo requerido para realizar una tarea. Usando un método y equipo dados, bajo condiciones de trabajo específicas, por un trabajador que posea suficiente habilidad y aptitudes para ejecutar la tarea, trabajando a un ritmo que permite que el operario haga el esfuerzo máximo, sin que ello le produzca efectos perjudiciales. El Tiempo Estándar se expresa por la relación:

$$TE = TPS * C_v + Tolerancias \quad (I)$$

Siendo:

TE: Tiempo Estándar

TPS: Tiempo promedio seleccionado

C<sub>v</sub>: Calificación de Velocidad

El producto del Tiempo Promedio Seleccionado y la Calificación de Velocidad (TPS\*C<sub>v</sub>) se conoce como Tiempo Normal de ejecución, es decir el tiempo que tarda un operario trabajando a ritmo normal en ejecutar una tarea dada [10].

Por otro lado, los Gráficos de Control se utilizan en la industria como técnicas de diagnóstico para supervisar procesos de producción e identificar inestabilidades y circunstancias anormales. El gráfico de control para lecturas individuales, se aplica a procesos lentos, en los cuales obtener una medición o una muestra de la producción requiere períodos relativamente largos. Ejemplo de esto es un proceso químico que trabaja por lotes, siendo éste el caso de la fabricación de pinturas. Sin embargo en la medida en que se tenga mayor cantidad de registros, es posible utilizar otro tipo de gráfico como los  $\bar{X} \rightarrow R$  ó  $\bar{X} \rightarrow S$ , con los cuales se podría detectar otros comportamientos que con el diagrama de lecturas individuales no son perceptibles [1].

El gráfico de rangos móviles, se usa como complemento al de lecturas individuales. Se grafica el rango móvil para detectar cambios en la dispersión del proceso. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que el gráfico de lecturas

individuales es suficientemente robusto para detectar cambios tanto en la media como en la dispersión del proceso [8]. Por ello se recomienda el uso de esta herramienta para los procesos con características similares al de la presente investigación.

La diferencia entre el Gráfico de Control Integrado y el Control Estadístico Tradicional, consiste en que el de Control Estadístico se utiliza para características de calidad, en cambio el de Control Integrado emplea el Tiempo Estándar como variable controlable, a través de la cual se mide la calidad del proceso y no de una determinada condición de calidad. La finalidad de esta nueva aplicación es contrastar los tiempos reales de fabricación de los productos con sus respectivos estándares; de esta manera se puede indicar cuándo se deben buscar causas asignables (especiales) de variación para eliminarlas, evitando que las mismas vuelvan a aparecer.

Bajo la filosofía del mejoramiento continuo, en un proceso deben reducirse las variaciones: hacer todo más consistente, que el producto sea lo más homogéneo posible, que a su vez significa: Producto de mejor calidad [11]. Esta es la razón principal del Gráfico de Control Integrado, ser la base de la mejora continua.

El Tiempo Estándar y el Control Estadístico de Procesos, son técnicas conocidas y ampliamente aplicadas, la fusión de ambas, puede considerarse una innovación de esta investigación.

## 3. Resultados

### 3.1 Tiempo Estándar

Una vez establecido el tiempo de fabricación como variable controlable es necesario definir un método adecuado para la determinación del Tiempo Estándar, así como el registro de los tiempos reales.

Para calcular el Tiempo Estándar en cualquier proceso, se debe realizar primeramente una normalización de los métodos de trabajo, de los materiales, equipos y demás recursos involucrados. El registro normalizado permite que los operadores lleven a cabo sólo las actividades necesarias y en el orden correcto. La empresa piloto no ha establecido los tiempos estándar, sólo registra los tiempos reales de cada producto a través del análisis de las hojas de procesos, que son llenadas por los operarios a lo largo de las distintas etapas de fabricación. Estos datos son usados principalmente para el análisis de costos [12].

En la aplicación del Control Integrado es necesario determinar el Tiempo Estándar de fabricación de cada producto. Realizar esto en un proceso de fabricación de pinturas resulta complejo, debido a sus características. En las etapas de dispersión y reducción las actividades son similares para grupos de

productos, por ejemplo la elaboración de las pinturas V89, V07 y V58 son las mismas, la diferencia de tiempo la define el tamaño del lote, es decir 1000 galones de estos productos consumen el mismo tiempo. Sin embargo éste varía cuando el lote es de 3000 galones: aunque las actividades son iguales la cantidad de material requerido es mucho mayor y esto influye en la duración de las tareas. Dependiendo de los tipos de productos, los lotes pueden ser de 1000, 1300 y 3000 galones, mientras mayor es el lote, mayor la cantidad de materiales, por tanto el tiempo de fabricación aumenta. En el caso del tipo de producto, la diferencia de los tiempos se presenta porque las actividades cambian, ya que los productos de primera clase, por lo general, tienen mayores requerimientos de materiales y controles de calidad que los de segunda y tercera. Además de esto en el proceso se presentan otras variaciones como el tipo de equipo utilizado, tipo de materiales, entre otros, los cuales también afectan el Tiempo Estándar.

Los tiempos de fabricación en la etapa de matizado están determinados por la intensidad del color del producto, ya que si la tonalidad es suave, requiere menos tintas que el tono intenso. Otro elemento que influye es el tamaño del lote, matizar un lote de 1000 o 1300 galones, requiere menos tintas y por tanto menos tiempo que un lote de 3000.

En la etapa de envasado los tiempos son determinados por la presentación final de la pintura, en envases de un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) de galón, un (1) galón y cuñetes (5 galones); en este caso en la medida en que la presentación es menor, el tiempo invertido aumenta, ya que se multiplican las actividades como llenado, tapado, empaquetado y paletizado. Otro factor que afecta el tiempo del envasado es el tamaño del lote, ya que no es lo mismo envasar 1000 ó 1300 galones que 3000; a mayor volumen mayor el tiempo.

En las grandes empresas de pinturas, la definición del Tiempo Estándar se dificulta aun más, debido a la gran cantidad de tipos de productos, según la clase (calidad), tipo de superficie (interior o exterior) y colores. Para simplificar esto se realiza una agrupación de los productos según la etapa del proceso y los factores que influyen en los tiempos de fabricación. En la Tabla I, se presentan las seis clasificaciones definidas por el tipo de producto y el tamaño del lote, las cuatro clases para el área de matizado, que dependen de la intensidad del color y el tamaño del lote y la clasificación de la etapa de envasado, en función de la presentación del envase y el tamaño de lote.

El siguiente paso consiste en la determinación del Tiempo Estándar de cada una de las clases. Primeramente se debe definir el Tiempo Promedio Seleccionado (TPS), obtenido a través de un estudio de tiempos en el que se tomaron cinco mediciones por clase, debido a la duración de los ciclos. Es importante resaltar que solo el estudio de tiempos requirió de cinco meses, debido a lo prolongado de los ciclos de fabricación, y que además la empresa no disponía de registros anteriores.

**Tabla I. Clasificación de las etapas de Dispersión, Reducción, Matizado y Envasado**

<b>Etapas: Dispersión y Reducción</b>		
<b>Código de la Clase</b>	<b>Productos</b>	<b>Tamaño Lote (gal)</b>
D-R <sub>1</sub>	V89, V07, V58	1000, 1300
D-R <sub>2</sub>	V59, VXX, V01	1000, 1300
D-R <sub>3</sub>	V75, V32	1000, 1300
D-R <sub>4</sub>	V07, V58	3000
D-R <sub>5</sub>	V59, VXX, V01	3000
D-R <sub>6</sub>	V75	3000
<b>Etapas: Matizado</b>		
<b>Código de la Clase</b>	<b>Color</b>	<b>Tamaño Lote (gal)</b>
M <sub>1</sub>	Suave	1000, 1300
M <sub>2</sub>	Intenso	1000, 1300
M <sub>3</sub>	Suave	3000
M <sub>4</sub>	Intenso	3000
<b>Etapas: Envasado</b>		
<b>Código de la Clase</b>	<b>Presentación</b>	<b>Tamaño Lote (gal)</b>
E <sub>1</sub>	Galón	1000, 1300
E <sub>2</sub>	$\frac{1}{4}$ Galón	1000, 1300
E <sub>3</sub>	Cuñete	1000, 1300
E <sub>4</sub>	Galón	3000
E <sub>5</sub>	$\frac{1}{4}$ Galón	3000
E <sub>6</sub>	Cuñete	3000

En la obtención del Tiempo Estándar de cada clase, se multiplica el TPS por la Cv y se le suman las tolerancias. Para efectos de este estudio tanto la Calificación de Velocidad (Cv) como las Tolerancias se asumen constantes, sin embargo quedará como objeto de una futura investigación el análisis del comportamiento de estos elementos en este tipo de procesos.

Como resultado del estudio de tiempo, en las Tablas II, III y IV se muestran los Tiempos Estándares para cada una de las clases, según la etapa del proceso.

**Tabla II. Tiempo Estándar de Fabricación para las Etapas de Dispersión y Reducción**

Código de la Clase	Productos	Tamaño Lote (gal)	TE (min)
D-R <sub>1</sub>	V89, V07, V58	1000, 1300	112
D-R <sub>2</sub>	V59, VXX, V01	1000, 1300	92
D-R <sub>3</sub>	V75, V32	1000, 1300	109
D-R <sub>4</sub>	V07, V58	3000	165
D-R <sub>5</sub>	V59, VXX, V01	3000	125
D-R <sub>6</sub>	V75	3000	186

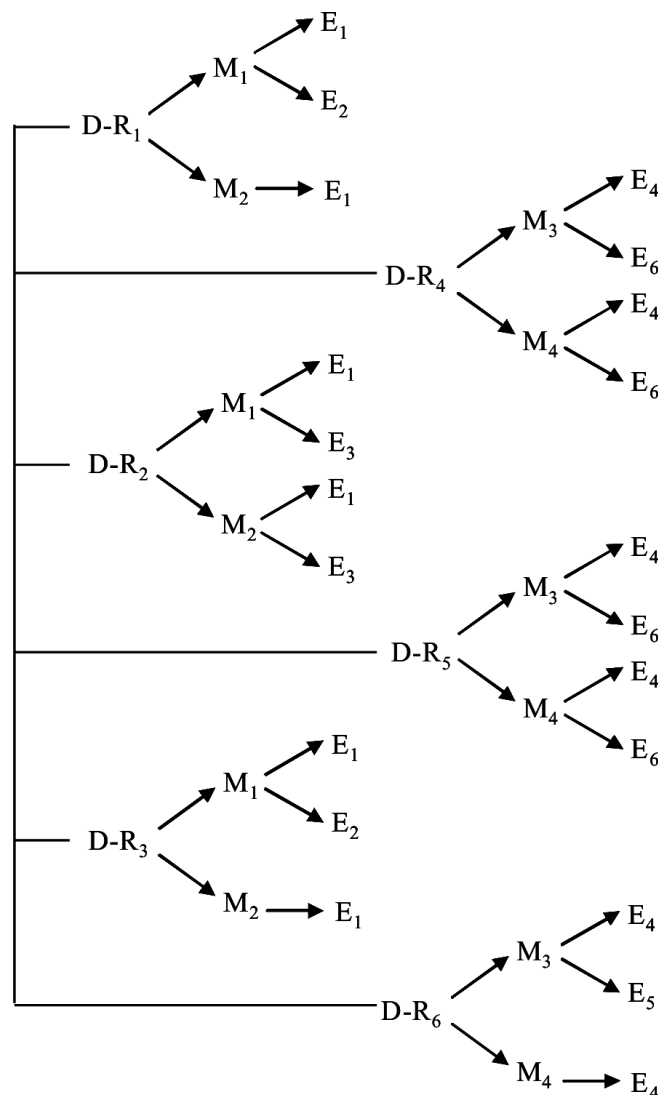
**Tabla III. Tiempo Estándar para la Etapa de Matizado**

Código de la Clase	Color	Tamaño Lote (gal)	TE (min)
M <sub>1</sub>	Suave	1000, 1300	64
M <sub>2</sub>	Intenso	1000, 1300	162
M <sub>3</sub>	Suave	3000	95
M <sub>4</sub>	Intenso	3000	243

**Tabla IV. Tiempo Estándar para la Etapa de Envasado**

Código de la Clase	Presentación	Tamaño Lote (gal)	TE (min)
E <sub>1</sub>	Galón	1000, 1300	98
E <sub>2</sub>	¼ Galón	1000, 1300	195
E <sub>3</sub>	Cuñete	1000, 1300	47
E <sub>4</sub>	Galón	3000	285
E <sub>5</sub>	¼ Galón	3000	355
E <sub>6</sub>	Cuñete	3000	90

El Tiempo Estándar de un producto se obtiene sumando los TE de las clases que lo definen. Para facilitar este análisis se representan en un Diagrama de Árbol las conexiones existentes entre las clases correspondientes a cada etapa. Sobre la base de este diagrama relacional se logra simplificar significativamente la determinación del Tiempo Estándar para cada tipo de producto. Éste se muestra en la Figura 2.



**Figura 2. Diagrama de Árbol de las Etapas del Proceso de Fabricación de Pinturas**

A manera de ejemplo se describe el cálculo de TE para un producto D-R<sub>2</sub>, se asume un lote de 1000 galones del producto V59 de color blanco, envasado en galones. Para ello, se ubica la clase de cada etapa, según el tipo de producto, y su correspondiente Tiempo Estándar (ver Tabla V).

**Tabla V. TE de un producto V59 blanco, lote 1000 gal, envasado en galones**

Etapas	Código de la Clase	Descripción	TE (min)
Dispersión – Reducción	D-R <sub>2</sub>	Por ser V59 de 1000 galones	92
Matizado	M <sub>1</sub>	Color suave	64
Envasado	E <sub>1</sub>	Envasado en galones	98
Tiempo Estándar del Producto			254

Es importante resaltar que para registrar los tiempos reales de fabricación, es necesario seguir el mismo patrón de clases establecido para el cálculo del Tiempo Estándar, ya que éstos serán comparados en el Gráfico de Control Integrado.

### 3.2 Gráfico de Control Integrado

El Control Integrado está fundamentado en un gráfico de lecturas individuales, con el tiempo de fabricación como variable controlable. Esta herramienta está compuesta por varios gráficos, uno por cada tipo de producto en éstos se representan los tiempos reales ( $X_i$ ) registrados en las hojas de proceso. El conjunto de tiempos para un mismo producto se denomina subgrupo [8]. El límite central ( $LC$ ) está

determinado por la media de los tiempos reales ( $\bar{X}$ ) que debe ser comparada con el Tiempo Estándar ( $\bar{X}$ ) de cada subgrupo. Los límites de control superior e inferior, se obtienen con la siguiente expresión [1]:

$$LSC = LC + 3 * \left( \frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \bar{X} + 3 * \left( \frac{\bar{R}}{1,128} \right) \quad (II)$$

$$LIC = LC - 3 * \left( \frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \bar{X} - 3 * \left( \frac{\bar{R}}{1,128} \right) \quad (III)$$

Siendo  $\bar{R}$  la media de los rangos móviles de orden 2 (rango entre dos observaciones sucesivas en el proceso), al dividir el rango promedio entre la constante  $d_2$  se obtiene una estimación de la desviación estándar del proceso.

Para explicar este procedimiento, en la Tabla VI, se muestran los tiempos reales del subgrupo D-R<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>, correspondiente al producto V59 blanco, lote 1000 gal, envasado en galones.

**Tabla VI. Tiempos Reales del Subgrupo D-R<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>**

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Tiempo Real (min)</b>	279	285	269	328	310	260	250	305	315	300	250	280	307	266	287	415	290	312	260	322
<b>Rango Móvil (R)</b>		6	16	59	18	50	10	55	10	15	50	30	27	41	21	128	125	22	52	62

Para estos valores se tiene:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= 294,5 \text{ min/lote} & \bar{R} &= 41,95 \text{ min/lote} \\ LSC &= 406,06 \text{ min/lote} & LIC &= 182,94 \text{ min/lote} \end{aligned}$$

El Tiempo Estándar de este producto es de 254 min/lote.

Una vez calculada la media y los límites de control, se procede a graficar los tiempos reales de fabricación mostrados en la Tabla VII. En la Figura 3, se presenta el Gráfico de Control Integrado para el producto D-R<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>.

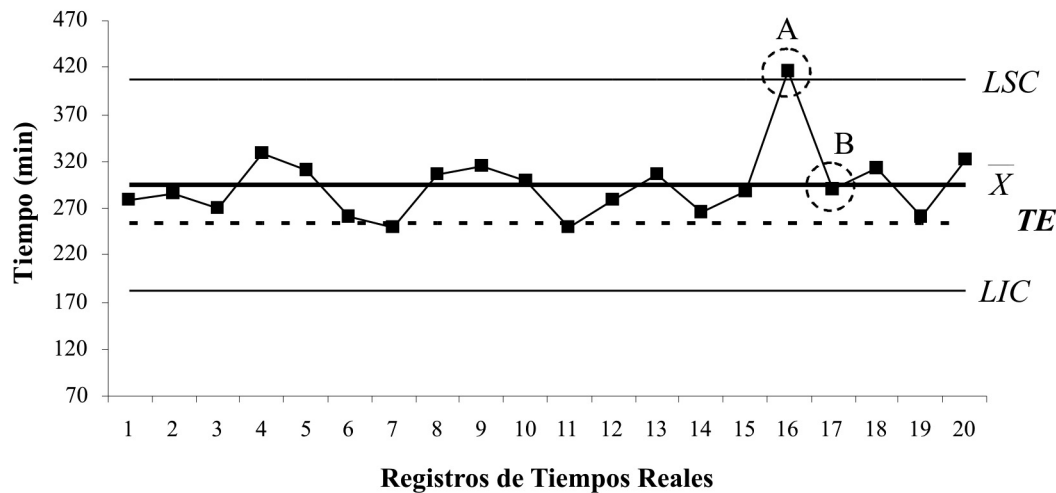


Figura 3. Gráfico de Control Integrado para el producto D-R<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>

Tabla VII. Tiempo Real vs TE (D-R<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>)

Etapas	Clase	Tiempo Real (min)	TE (min)	% de desviación
Dispersión – Reducción	D-R <sub>2</sub>	188	92	104,3
Matizado	M <sub>1</sub>	86	64	34,38
Envasado	E <sub>1</sub>	141	98	43,88
Tiempo Total		415	254	63,39

#### 4. Discusión de Resultados

El Gráfico de Control Integrado ofrece información desde dos perspectivas. La primera tiene que ver con el comportamiento de los tiempos reales con respecto a los límites de control. En la Figura 3, se observa un punto fuera de los parámetros, en estos casos primeramente hay que indagar hasta encontrar las causas que produjeron este efecto. Si se debe a un problema fortuito no vinculado al proceso, entonces no produciría un cambio en el sistema; si por el contrario se determina que esta variación se debió a una fuente inherente al proceso, puede considerarse una causa especial de variación, por lo que se debe realizar una investigación mas exhaustiva y derivar de ello una acción correctiva.

Esta investigación puede iniciarse con la comparación de los tiempos reales registrados por cada etapa, con sus respectivos TE, con la finalidad de identificar en cual de los puntos del proceso ocurrieron las desviaciones. En la Tabla VII, se muestran los tiempos reales del registro fuera de control, para el producto D-R<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>.

En la Tabla VII, se observa que el mayor porcentaje de desviación entre el tiempo real y el estándar, se presenta en la etapa de Dispersión – Reducción. Haciendo uso de la hoja de proceso de este producto, se observa que este lote de producción presentó problemas para alcanzar el grado de separación de partículas exigidas por los parámetros de calidad. El análisis condujo a que los dientes del disco del tanque dispersor presentaban un desgaste considerable. Una vez determinada la causa, se procedió a ejecutar acciones correctivas consistente en el reemplazo del disco, con lo cual se logró recuperar la tendencia de los tiempos reales. Esto se evidencia en el valor de los tiempos en los lotes posteriores (Ver Figura 3, punto B y subsiguientes).

La otra perspectiva de análisis de este gráfico se tiene al comparar el promedio de los tiempos de fabricación con el Tiempo Estándar del producto; en la Figura 3, se puede observar la media de los valores reales y la línea punteada que muestra el Tiempo Estándar. En este caso el Tiempo Estándar es menor que la media, esto quiere decir que los tiempos de fabricación en general están por encima del estándar, por lo tanto es necesario revisar los procesos, estudiar estaciones “cuellos de botella” y tratar de disminuir los tiempos de fabricación para poder alcanzar los estándares. Lo esperado es que la media sea igual al estándar, ya que en ese escenario la planificación de la producción se puede realizar más ajustada a la realidad, y los costos de fabricación serían más confiables, entre otras ventajas.

Otro caso que se puede presentar es que el Tiempo Estándar sea mayor que la media. Si además de esto los puntos se

mantienen dentro de los límites de control y con una tendencia homogénea, se podría afirmar entonces que es necesario ajustar los estándares a las nuevas condiciones del proceso, ya que es posible que, a través de la incorporación sucesiva de mejoras, se haya influido positivamente en la reducción de los tiempos de fabricación, lo que trae como consecuencia una revisión y ajuste del Tiempo Estándar establecido inicialmente.

### **III. CONCLUSIONES**

1. Con la aplicación del Gráfico de Control Integrado, se obtienen operaciones más homogéneas dentro del proceso de fabricación, ya que se disminuyen las causas especiales de variación y se contrarresta la variabilidad natural que caracteriza a este proceso.
2. La estandarización, es una herramienta que ayudará a las empresas a elevar cada vez más sus niveles de productividad [8].
3. Esto a su vez tendrá impacto sobre los tiempos estándar ya establecidos, ya que al ejecutar las mejoras, éstos se pueden reducir, pudiendo así lograr mayores niveles de producción.
4. Las herramientas de Ingeniería ofrecen todas las oportunidades para desarrollar nuevas visiones, aplicaciones innovadoras, que rompan con viejos paradigmas y se pueda de esta forma establecer, nuevas soluciones a problemas industriales recurrentes.

### **IV. REFERENCIAS**

1. Montgomery, D., Control Estadístico de la Calidad, 3ra ed., Editorial Limusa, S.A. México 2004
2. Patton, T., Paint Flow and Pigment Dispersion. John Wiley & Sons Editores, New York, 1979, pp. 215

3. Ortiz, F., et al., ESIDE y Diagramas Múltiples. Herramientas para la Mejora Continua de los Procesos. Serie Cuadernos de Ingeniería Industrial N° 3. Universidad de Carabobo, Valencia – Venezuela, 2007.
4. Ortiz, F. y Illada, R., Enfoque Sistémico para la Mejora de Procesos. Ingeniería y Sociedad – UC, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Diciembre 2006 N°2.
5. Cachutt, C. y Pinto, F., Bases para el Mejoramiento Continuo del Centro de Producción de Arquitectónicos en una Fábrica de Pinturas. Universidad de Carabobo, 2001
6. Pérez, M., Diseño de Mejoras en el Proceso de Producción de Margarinas Tipo Panelitas. Universidad de Carabobo, 2006.
7. Gómez, N. y Rodríguez, C. Diseño de un Sistema de Monitoreo Estratégico en el Área de Emulsionadas de un Fábrica de Pinturas, ubicada en el Estado Carabobo, 2006.
8. Gutiérrez, H. y De la Vara, R., Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Editorial McGraw-Hill Interamericana. México, 2004
9. Niebel, B. y Freivalds, A., Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, 11ª ed., Alfaomega Grupo Editor, S.A. México 2004
10. Burgos, F., Ingeniería de Métodos, Calidad, Productividad, 2da ed., Universidad de Carabobo Publicaciones, Valencia – Venezuela, 1999.
11. Deming, E., Calidad, Productividad y Competitividad. La salida de la crisis, 2da Ed., Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, 1989.
12. Stephan, K., Diseño de Sistemas de Trabajo, 1ra ed., Editorial Limusa, S.A. México 2005